

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Maja Ćuk

**ANALIZA TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKIH
ZNAČAJKI TRAMVAJA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI TRAMVAJA

ANALYSIS OF TECHNICAL AND EXPLOITATION FEATURES OF TRAMS

Mentor: doc. dr. sc. Željko Šarić

Student: Maja Ćuk
JMBAG: 0135210885

Zagreb, svibanj 2018.

SAŽETAK

U ovom završnom radu analizirale su se tehničko-eksploatacijske značajke tramvaja. Također, navedeni su i različiti svjetski primjeri prijevoza putnika u javnom gradskom prometu kao što su autobusni prijevoz, trolejbusni, tramvajski, metro, uspinjača, taksi....

Razlike među navedenim sustavima su velike, a najviše se očituju u prijevoznoj sposobnosti, brzini te količini financijskih ulaganja koja su potrebna za njihovo uvođenje. Funkcioniranje prometa ovisi i o strukturi i veličini grada.

Javni gradski prijevoz u Zagrebu uključuje podsustave za čije je funkcioniranje uglavnom odgovoran Zagrebački električni tramvaj (ZET). Svaki od podsustava javnog prijevoza u gradu Zagrebu ima svoja obilježja i način na koji pruža uslugu prijevoza građanima. Najveći podsustav u Zagrebu je tramvajski sustav. Cilj analize ovog tramvajskog sustava je pružiti sigurnost, udobnost i točnost kako bi svi tramvajski putnici stigli na svoja planirana odredišta u planirano vrijeme te kako bi korisnici javnog prijevoza bili zadovoljni uslugom vožnje. Kako bi se poboljšao sustav javnog prijevoza u Zagrebu i u budućnosti, bitno je redovito nastaviti pratiti i analizirati prometne i tehničke karakteristike tramvajskog sustava u gradu Zagrebu.

KLJUČNE RIJEČI: tehničko-eksploatacijske značajke tramvaja, javni gradski prijevoz u Zagrebu, podsustavi javnog prijevoza

SUMMARY

In this final thesis were analysed technical-exploitation features of trams. Also, in this final thesis are mentioned different world-wide examples of city public transportation systems like bus transport, trolley-bus, water-bus, tram, metro, funiculars, taxis...

The differences between these systems are big and they are most evident in the transport capacity, speed and amount of financial investment required for their introduction. The functioning of traffic depends on the size and structure of the city.

Public transport in Zagreb includes subsystems that are all part of Zagreb Electric Tram (ZET). Each of the subsystems of public transport in Zagreb has its own characteristics and ways they provide the service to the citizens. The biggest Zagreb traffic subsystem is tram system. The goal of tram subsystem analysis is to provide safety, comfort and accuracy of arrival time to planned destinations to all passengers. To improve the public transport system in the future, it is important regularly keep track and analyze the traffic and technical indicators of tram subsystem in Zagreb.

KEYWORDS: technical-exploitation features of trams, public transport in Zagreb, subsystems of public transportation

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. VRSTE VOZILA ZA JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ.....	2
2.1. Tramvaj.....	4
2.2. Autobus.....	5
2.2. Vodeni autobus.....	5
2.3. Trolejbus.....	7
2.4. Metro.....	8
2.5. Viseći metro.....	9
2.6. Uspinjača.....	10
2.7. Taksi.....	12
2.8. Personal rapid transit (PRT).....	14
3. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE TRAMVAJSKIH VOZILA.....	16
4. VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA U GRADU ZAGREBU.....	20
4.1. Tramvajski prijevoz.....	20
4.1. Autobusni prijevoz.....	20
4.1. Prijevoz uspinjačom.....	21
4.1. Taksi prijevoz.....	22
4.1. Gradsko-prigradska željeznica.....	23
5. USPOREDNA ANALIZA TRAMVAJSKIH VOZILA U GRADU ZAGREBU.....	24
5.1. Vozni park.....	24
5.2. Tramvajske linije.....	29
5.3. Organizacija i kvaliteta usluge tramvajskog podsustava u Zagrebu.....	30
6. ZAKLJUČAK	32
LITERATURA.....	34
POPIS SLIKA.....	35

1. UVOD

Urbanizacija velikih gradova uzrokuje sve kompleksnije prometne probleme, te pravi izazov predstavljaju tehnologija prijevoza putnika unutar urbanih područja regija i gradova. Prijevoz ima sveobuhvatan utjecaj na razvoj društva.

U prošlosti su prometni pravci imali glavnu ulogu u odabiru lokacije gradova, no danas tu ulogu preuzimaju prijevozni sustavi. Važno je napomenuti da prijevoz ima snažne društvene i kulturne utjecaje te oblikuje način života, a problemi vezani uz prijevoz imaju istaknuto mjesto u političkim programima.

Kako u Europi, tako i u Zagrebu, gradski prometni sustav se sastoji od prometne suprastrukture, odnosno vozila namijenjena prijevozu putnika i prateće infrastrukture pod koju spadaju: prometnice (pruge, ceste, raskrižja), mjesta za zaustavljanje vozila (stajališta, postaje, kolodvori, terminali) mjesta za smještaj vozila (garaže, parkirališta, remize), mjesta za popravak i održavanje vozila, uređaje i postrojenja za opskrbu vozila gorivom ili električnom energijom te sustavi za regulaciju prometa.

Tema ovog završnog rada je analiza tehničko eksploatacijskih značajki tramvajskih vozila u gradu Zagrebu, koja se temelji na analizi vozila i njihovog stupnja iskoristivosti u javnom gradskom prijevozu putnika u gradu Zagrebu. Rad je obrađen u sedam cjelina sa uvodnim i zaključnim razmatranjima, izlaganjem tematike te literaturom:

- 1 . Uvod
- 2 . Vrste vozila za javni gradski prijevoz
- 3 . Tehničko eksploatacijske značajke tramvajskih vozila
- 4 . Vozila javnog gradskog prijevoza u gradu Zagrebu
- 5 . Usporedna analiza tramvajskih vozila u gradu Zagrebu
- 6 . Zaključak
- 7 . Literatura

U drugoj cjelini kroz navođenje vrsta vozila za javni gradski prijevoz definirano je značenje javnog gradskog prijevoza, njegova osnovna obilježja za svaki sustav općenito te njihove osnovne karakteristike.

U trećoj cjelini prikazane su tehničko eksploatacijske značajke tramvajskih vozila. Dodatno se razrađuju prednosti i mane diesel i električnih motora te njihove primjene u vozilima javnog gradskog prijevoza.

U četvrtoj cjelini su opisana vozila javnog gradskog prijevoza u te su izneseni razlozi opravdanost primjene pojedinih vrsta vozila. Također, navode se ekonomski čimbenici kao što su putnički troškovi, pogonski troškovi i troškovi investicijskih ulaganja.

U petoj cjelini je učinjena usporedna analiza tramvajskih vozila u gradu Zagrebu.

2. VRSTE VOZILA ZA JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ (JGP)

Prijevozna sredstva koja vrše uslugu prijevoza putnika u javnom gradskom prometu nazivaju se vozilima javnog gradskog prijevoza. U pravilu se koriste na unaprijed određenim rutama prema unaprijed određenim voznim redovima i trebala bi biti dostupna svima onima koji su spremni platiti uslugu prijevoza u javnom gradskom prometu prema određenoj tarifi.

Vozila javnog gradskog prijevoza razlikuju se, općenito, prema sljedećim tehničkim značajkama: [1]

a) Prema načinu oslanjanja:

Vozila javnog gradskog prijevoza oslanjaju se na površinu po kojoj se kreću i na koju prenose svoju težinu te druge sile koje se pojavljuju na dodiru s podlogom. Oslanjanje se može ostvariti:

- Gumenim kotačima na beton, asfalt ili drugu vrstu podloge (autobusi, trolejbusi i specijalna izvedba metroa)
- Čeličnim kotačima na čelične tračnice (tramvaji, metro, regionalna željeznica)
- Zračnim jastukom ili magnetskim poljem (lebdeća vozila)

Osim vozila koja se oslanjaju na podlogu i zbog toga se nazivaju i *oslanjajuća vozila*, postoje i rješenja oslanjanja iznad vozila pa se ona nazivaju i viseća vozila. Viseća vozila se rijetko primjenjuju zbog svojih nedostataka u odnosu na oslanjajuća vozila.

b) Prema načinu vođenja:

Prema načinu vođenja razlikuju se vozila kojima se upravlja po pravcu zakretanjem upravljačkih kotača (autobusi i trolejbusi) i vozila čije se vođenje osigurava specifičnom konstrukcijom tračnica i kotača (tramvaji, metro, regionalna željeznica). Vozila sa zakretanjem upravljačkih kotača imaju gumene kotače, a sila vođenja ostvaruje se između kotača i podloge u obliku sile adhezije. Vozila koja se kreću po tračnicama imaju kotače s grebenima koji ih zadržavaju na pruzi. Većina tračničkih vozila ima kotače s konusnim obodom što dovodi do automatskog navođenja vozila prema središtu pruge za vrijeme vožnje. [2]

c) Prema vrsti pogona:

Prema vrsti pogona razlikuju se vozila prema vrsti pogonske jedinice i načinu realizacije vučne sile. Pogonske jedinice vozila za javni gradski prijevoz mogu biti:

- Klipni motori s unutarnjim izgaranjem (uglavnom Diesel motor), koji se koriste za pogon autobusa i regionalne željeznice gdje nije izvedena elektrifikacija pruga
- Elektromotori (istosmjerni, jednofazni izmjenični i trofazni asinkroni), koji se koriste za pogon trolejbusa, tramvaja, metroa i regionalne željeznice.

Druge vrste pogonskih jedinica kao što su npr. Otto motori i linearni elektromotori, vrlo rijetko se koriste. Otto motori uglavnom se koriste kada je pogonsko gorivo zemni plin.

Vučna sila najčešće se ostvaruje adhezijom (prianjanjem) između kotača i podloge, a vrlo rijetko zupčanicima u zahvatu sa zupčastom letvom, čeličnim užetom i magnetskim poljem. [2]

Vozila javnog gradskog prijevoza mogu se podijeliti na sljedećih šest prijevoznih sustava:

- a) Tramvaji
- b) Autobusi
- c) Trolejbusi
- d) Metro ili brza gradska željeznica
- e) Uspinjača
- f) Taksi

2.1. Tramvaj

Tramvaj je javno električno vozilo koje služi putničkom prijevozu u gradskom prometu. Kretanje mu je vezano uz tračnice, napaja se putem kontaktne mreže preko krovnog oduzimača struje te preko tračnica, koje služe kao povratni vod, zatvara strujni krug.



Slika 1. Model tramvaja ČKD Tatra T4, [1]

Krovni oduzimač struje naziva se *pantograf*, sa svojom zglobnom izvedbom i djelovanjem opruga omogućuje stalnu kliznu vezu s kontaktnom mrežom u svim njezinim dopuštenim pozicijama. Struja u kontaktnoj mreži je istosmjerna, napona 600V, a postoje i izvedbe s naponom od 750V. [2]

Tramvajske pruge se uglavnom izvode s dvije širine kolosijeka:

- 1000mm – metarski kolosijek
- 1435mm – normalni kolosijek

Širina kolosijeka utječe na konstrukciju i dimenzije voznog stroja (osovina i okretnih postolja) te dimenzije sanduka karoserije i broj mjesta za putnike po jedinici duljine. Ona također utječe na stabilnost i mirnoću kretanja tramvaja. U novije vrijeme izvode se univerzalna vozila za željeznički i gradski promet, odnosno vozila koja mogu prelaziti sa željezničke na tramvajsku prugu. U tom slučaju potrebno je da širine kolosijeka željezničke tramvajske pruge budu jednake. [2]

2.2. Autobus

Autobus je cestovno putničko vozilo koje služi masovnom javnom gradskom prijevozu putnika s minimalno devet sjedećih mjesta. Najčešće je prijevozno sredstvo u sustavu javnog gradskog prijevoza.

Pogon ostvaruje, u pravilu, putem Diesel motora koji je ugrađen u njega a u posljednje vrijeme sve češće se taj pogon mijenja s električnim ili onim na biomasu. [2]

Kreće se po određenim rutama unutar postojeće gradske cestovne mreže uz mogućnost izmjena ruta uslijed promjene prometne regulacije uzrokovane raznim okolnostima, primjerice prometne nezgode, radova na cesti, političkih, sportskih ili kulturnih događanja.



Slika 2. Model autobusa MAN NL, [2]

2.3. Vodeni autobus

Vodeni autobus , također poznat kao brod za razgledavanje , je plovilo koje se koristi za pružanje javnog ili privatnog prijevoza , obično, ali ne uvijek, u urbanom okruženju .

Usluga se može zakazati s više zaustavljanja, radeći na sličan način kao i autobus ili, na zahtjev, na mnoge lokacije, koji rade na sličan način kao taksu . Usluga čamca koji prometuje između dvije točke obično bi se opisala kao trajekt, a ne na vodeni autobus ili taksu.

Pojam *vodeni taksu* obično je ograničen na brod koji radi na zahtjev, a *vodeni autobus* za brod koji radi na rasporedu.

Najranija usluga vodenog autobusa zabilježena je u gradu Manchesteru, u Ujedinjenom Kraljevstvu.

U današnje moderno doba mnogi svjetske gradovi koriste vodeni autobus kao jedan od tipova javnog gradskog prijevoza.

Neki od tih gradova su Venecija, Amsterdam, Baltimore, Boston, Bratislava, Budimpešta, Lisabon, London, New York, Sydney, Oslo, Tokio...



Slika 3. Vodeni autobus Himiko, Tokio, Japan, [3]



Slika 4. Vodeni autobus Vaporetto, Venecija, Italija, [4]

2.3. Trolejbus

Trolejbus je električno javno putničko vozilo koje služi za prijevoz u gradskom prometu s upravljačem i pneumatski obloženim kotačima koje se kreće po gradskoj cestovnoj mreži.

Kretanje mu je ograničeno linijama na kojima su sprovedeni električni vodovi preko kojih je u stalnoj električnoj vezi s dvožičanom kontaktnom mrežom putem krovnih oduzimača struje, odnosno pantografa. [2]

Krovni oduzimači struje čine dvije trole, odnosno kontaktne motke učvršćene preko izolatora i sklopa opruga za krov vozila. Duljina im je oko 6m, a međusobno su razmaknute oko 550 do 600mm.

Kontaktna mreža ima dva električna voda (+ i -) napajana istosmjernom strujom napona 600V, a rjeđe 750V. [4]

Prednosti trolejbusa:

- suvremena konstrukcija vozila
- veća pouzdanost i sigurnost prijevoza
- automatizacija brojnih funkcija rada vozila
- poboljšanje performansi vozila
- smanjenje trošenja obloga kočnica
- ušteda pogonske energije
- jednostavnije održavanje vozila



Slika 5. Model trolejbusa Škoda 25Tr, Bratislava, Slovačka, [5]

2.4. Metro

Metro je električna podzemna željeznica namijenjena za prijevoz putnika u gradskom i prigradskom prometu u većim i napučenijim gradovima.

Optimalan je oblik za prijevoz velikog broja putnika. Odvija se na posebno odvojenim kolosiječnim trasama koje se ne sijeku u razini niti se međusobno dodiruju s drugim vidovima prometa, odnosno prometnicama. Zahvaljujući takvoj prometnoj odvojenosti u vođenju metroa moguće je ostvariti velike prosječne brzine vožnje te sve preduvjete za siguran, točan i pouzdan prijevoz putnika. [5]



Slika 6. Metro, London, Velika Britanija, [6]



Slika 7. Metro, Varšava, Poljska, [7]

2.5. Viseći metro

Viseći metro je oblik povišenog monoraila gdje se vozilo kreće po nepokretnoj tračnici postavljenoj iznad vozila (za razliku od kabela koji se koristi u zračnim tramvajima - žičarama), Viseći metro je najčešće izgrađen iznad razine ulice, preko rijeke ili kanala ili postojeće željezničke pruge.

Jedan od najpoznatijih i najstarijih aktivnih sustava se nalazi u njemačkom gradiću Wuppertalu. Taj sustav je otvoren 1901.g. i u aktivnoj upotrebi je i danas kao dio javnog prijevoza Wuppertala I godišnje preveze oko 20 milijuna putnika.

Njemački grad Wuppertal na jugu rurske oblasti u blizini Düsseldorfa je inače najzeleniji grad u Njemačkoj.

Osim prekrasnih šuma i parkova koji prekrivaju dvije trećine grada i udaljeni su najviše deset minuta iz bilo koje četvrti, poznat je i po jedinstvenoj visećoj električnoj željeznici.[6]



Slika 8. Model visećeg monoraila, Wuppertal, Njemačkoj [8]

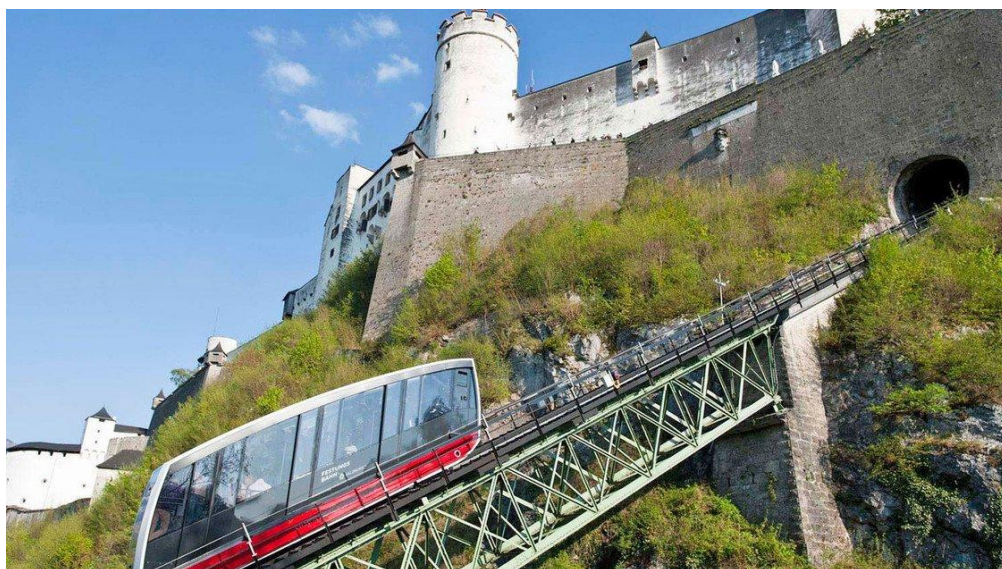
Danas se najveći sustav visećeg monoraila nalazi u Japanu u Tokiju. Tehnološki je slična sustavu u Wuppertalu ali za razliku od njemačkog primjera, koristi gumene kotače umjesto čeličnih. Linija je počela s radom 1958.g. [6]



Slika 9. Model visećeg monoraila Ueno Zoo, Tokio, Japan, [9]

2.5. Uspinjača

Uspinjača je vrsta žičare kod koje se vozila vuku pomoću jednog ili više užeta po uzbrdici na posebno uređenoj trasi, a vozila se kreću na kotačima različitih izvedbi koji se oslanjaju na površinu po kojoj se kreću i koja su prilagođena trasi. To su posebno prilagođena šinska vozila.



Slika 10. Model uspinjače, Salzburg, Austrija, [10]

Zagrebačka uspinjača je uspinjača koja spaja zagrebački Gornji i Donji grad. Donja stanica nalazi se u Tomičevoj ulici (koja izlazi na Ilicu), a gornja stanica nalazi se na Strossmayerovom šetalištu, podno kule Lotrščak.

Zagrebačka uspinjača je jedna od turističkih atrakcija u Zagrebu. S prugom dugom 66 metara, poznata je i kao najkraća žičana željeznica na svijetu namijenjena javnom prometu. Službeno je puštena u pogon 8. listopada 1890. godine, a s radom je počela 23. travnja 1893.godine. Isprva je bila na parni pogon koji je 1934. godine zamjenjen električnim. Budući da je do danas u cijelosti zadržala prvobitni vanjski izgled i građevnu konstrukciju, a i većinu tehničkih svojstava koja su joj dali graditelji, zagrebačka je uspinjača zakonski zaštićena kao spomenik kulture. Danas o zagrebačkoj uspinjači brine Zagrebački električni tramvaj. [1]

Uspinjača ima dva vagona, svaki kapaciteta 28 putnika (16 sjedećih i 12 stajaćih mjesta). Dužina kola preko odbojnika je 5640 mm, osnovni razmak 3700 mm, a težina praznih kola je 5,05 tona. Nosivost im je 2240 kg. Električni pogonski motor nalazi se u gornjoj postaji, ima snagu od 28,5 kW, napajan istosmjernom strujom napona 400 V, a radi 720 okretaja u minuti. Najveća dopuštena brzina uspinjače je 1,5 m/s. Vožnja traje 64 sekundi. Uspinjača svladava visinsku razliku od 30,5 metara na usponu od 52 posto (gornja stanica je na 156,5 m nadmorske visine, a donja na 126 m).

Uspinjača je sagrađena kao kosi vijadukt od osam polukružnih otvora duljine 2,5 metra, od opeke s vapnenim mortom. Usprkos kontinuiranom mehaničkom opterećenju, ta prastara konstrukcija do današnjih dana nije pokazala znakove bilo kakvih tehničkih deformacija, a u nekima od onih polukružnih otvora danas su umjetničke galerije i prodavaonice suvenira. Na betonskoj površini vijadukta nalaze se dva kolosjeka (na svakom se nalazi jedan vagon) s tračnicama duljine 66 metara i širine 1200 mm. Vučno užje je promjera 22 mm. [1]



Slika 11. Tomičeva ulica, lokacija zagrebačke Uspinjače prije i nakon izgradnje, Zagreb, [11]

2.6. Taksi

Taksi je vozilo prilagođeno prijevozu jednog ili manje grupe putnika u gradskom i međugradskom a ponekad i međunarodnom prijevozu. Riječ *taksi* također označava službu u kojoj su vozači taksi vozila udruženi u jednu organizaciju na određenom području.

Početkom 17. stoljeća na ulicama Pariza i Londona prometovale su kočije koje su vukli konji a koje su se mogle iznajmiti za prijevoz ulicama ovih gradova. U 19. stoljeću u ovim gradovima su kraljevskim ukazima određena i prva pravila taksi službe koja su zahtijevala unaprjeđenje dizajna radi povećanja sigurnosti i brzine prijevoza. Vremenom su kočije s konjima zamijenili automobili koji su kroz prošlost postajali udobniji, sigurniji i brži način prijevoza putnika. Današnji automobili namjenjeni taksi službi su klimatizirani i opremljeni najsuvremenijom opremom za što udobniji prijevoz. [7]

Vozači taksija prevoze putnike na razna odredišta: u bolnice, zračne luke, hotele, u kazalište itd. Vozači taksija u nas voze vlastita vozila i organizirani su u svoja udruženja. Na putnike čekaju na stajalištima za taksije koja se nalaze na željezničkim i autobusnim stanicama, pokraj bolnica i na drugim prometnim mjestima. Moguće je također da putnik podignutom rukom zaustaviti prazan taksi koji kruži gradom. Vožnja taksijem može se naručiti i telefonski. U većim gradovima taksisti imaju zajedničku radiovezu kojom dobivaju narudžbe za vožnju.

Nakon što stignu na odredište, vozači taksija naplaćuju vožnju. Cijenu u pravilu pokazuje taksimetar, što ga vozač uključi kad putnik uđe u vozilo i isključi kad stigne na odredište. Cijena zavisi o udaljenosti i trajanja vožnje, a sadrži i fiksni početni dio.

Vozači taksija najviše voze u središtu grada, gdje je promet najgušći. Da bi izbjegli moguće sudare ili okrznuća, moraju vješto upravljati vozilom i stalno pratiti kretanje drugih vozila i pješaka, kao i rad semafora. Vozači taksija moraju poznavati gradske ulice. Tako mogu putnike odvesti na odredište najboljim putem s obzirom na prometne gužve u gradu. Osim toga, moraju poznavati i različita mjesta od općeg interesa, kao što su bolnice, kazališta, hoteli i turističke znamenitosti, jer se taksijima često voze i oni koji ne poznaju grad.

Vozači taksija najčešće se sami brinu o svom vozilu. Provjeravaju ispravnost vozila, čiste unutrašnjost, prozore, zrcala, vode računa o gumama, svjetlima i kočnicama. Veće popravke povjeravaju mehaničarima, električarima, limarima. Kao privatni obrtnici moraju voditi poslovne knjige ili nekoga angažirati za te poslove.

U nekim dijelovima svijeta taksi usluga se i danas obavlja na stari i tradicionalan način sa vozilima poput rikši (dvokolica koju vuku ljudi) ili trokolica na motorni pogon. [7]



Slika 12. Taksi vozila, New York, SAD, [12]

2.7. Personal Rapid Transit (PRT)

Personal Rapid Transit (PRT) ili hrv. **osobni brzi prijevoz**, koji se također naziva podcars , je način javnog prijevoza koji sadrži male automatizirane automobile koji rade na mreži posebno izgrađenih vodilica. PRT je vrsta automatiziranog proznog putničkog prijevoza (AGT), klase sustava koji uključuje i veća vozila sve do malih sustava podzemne željeznice. [9]

PRT vozila su veličine za individualne ili male grupe putovanja, obično ne nose više od tri do šest putnika po vozilu. Smjernice su raspoređene u mrežnu topologiju, sa svim postajama koje se nalaze na kolosijecima i čestim spojnim točkama. To omogućava neprekidno putovanje od točke do točke, zaobilazeći sve posredničke postaje. Usluga point-to-point uspoređena je s taksijem ili horizontalnim dizalom (liftom). [9]

Predloženi su brojni PRT sustavi, ali većina ih nije implementirana.

Od studenog 2016., samo nekoliko PRT sustava su operativni: Morgantown Personal Rapid Transit (najstariji i najopsežniji), u Morgantownu, Zapadna Virginija , kontinuirano djeluje od 1975. Sustav West Virginia University služi brojnim popularnim odredištima u cijelom gradu.

Od 2010. godine u Masdar Cityju , UAE , djeluje je 10 vozila u sustavu, a od 2011. godine na londonskoj je zračnoj luci Heathrow pokrenuo 21-vozni Ultra PRT sustav. Vectus sustav od 40 vozila s in-line postajama službeno je otvoren u Suncheonu , Južnoj Koreji , u travnju 2014. nakon godinu dana testiranja. [9]



Slika 13. PRT Morgantown, West Virginia, SAD, [13]



Slika 14. PRT UltraPod, Aerodrom Heathrow, London, Velika Britanija, [14]



Slika 15. PRT PodCar, Masdar City, Ujed. Arap. Emirati, [15]

3. TEHNIČKO - EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE TRAMVAJSKIH VOZILA

Javni gradski prijevoz je racionalniji oblik prijevoza putnika u odnosu na onaj osobni, zato što ima veću prijevoznu sposobnost i zauzima manje prostore te je sigurniji i jeftiniji od osobnog, a ujedno i manje zagađuje okoliš. Sastoji se od vozila cestovnih sustava (taksi, minibus, autobus, trolejbus) i vozila tračničkih sustava (tramvaj, laka gradska željeznica, podzemna, brza gradska ili prigradska željeznica) javnoga gradskog prijevoza.

Tramvaj može biti efikasno rješenje javnog gradskog prijevoza putnika, ukoliko se prostorno odvoji od ostalih vidova prometa, u protivnom može doći do zagušenja prometnog toka prilikom spajanja dvaju ili više prometnih sustava na jednoj prometnici.

Pogodan je kako za uža tako i za šira gradska područja.

Elektromotori, koji se koriste za pogon u električnom tramvaju, su uređaji koji električnu energiju pretvaraju u mehanički rad za vrijeme vuče, a pri električnom kočenju prelaze na generatorski rad i pritom mehanički rad pretvaraju u električnu energiju. Tijekom eksploatacije su vrlo opterećeni, mehanički i električni. Iznimno su važne promjene opterećenja stoga njihova konstrukcija mora osigurati siguran i pouzdan rad u svim uvjetima eksploatacije. [2]

Tramvaji se napajaju preko električne gradske mreže i najčešća su prijevozna sredstva za brzi i učinkoviti prijevoz putnika u gradskim sredinama. To se očituje iz prednosti koje ta vozila imaju u odnosu na druga vozila koja koriste motore s unutarnjim izgaranjem, a mogu se prikazati njihovim osnovnim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama: [2]

Pogodna vučna značajka elektromotornog pogona, što znači da pri malim brzinama elektromotor ostvaruje velike okretno momente, a s povećanjem brzine smanjuje se okretni moment. S obzirom na to, električna vozila ne zahtijevaju poseban prijenosnik snage koji bi služio za transformaciju okretnog momenta.

Prednosti tramvaja:

- **Mogućnost preopterećenja u kratkotrajnim režimima vuče**, što omogućuje veća ubrzanja i lakše svladavanje uspona
- **Mogućnost spajanja više vučnih vozila** i njihovo zajedničko upravljanje s jednog mjesta
- **Primjena električnog kočenja**, što smanjuje opterećenje i trošenje tarnih elemenata zračne kočnice, što smanjuje zahtjeve i troškove u održavanju vozila

- **Mogućnost primjene automatike** u svim segmentima rada vozila
- **Upravljanje vozilom je jednostavno i lako**
- **Ekološki prikladan oblik** prijevoza jer ne emitira štetne plinove izgaranja i stvara vrlo malu buku
- **Veća energetska korisnost.** Promatrajući ekvivalentnu energiju, odnosno energiju svedenu na jednog prevezenog putnika i jedan prijeđeni kilometar, tramvaj koristi do 2,5 puta manje energije nego autobus, a čak do 25 puta manje od osobnog automobile
- **Manji zahtjevi za prometnom površinom.** Tako osnovni automobil koristi oko 40m²/osobi, autobus i trolejbus oko 6m²/osobi dok tramvaj samo oko 2m²/osobi [2].

Tramvaj se, kao i većina tračničkih vozila, mogu klasificirati prema različitim kriterijima podjele od kojih su najznačajniji; samostalnost pogona, broj osovina, konstrukcija karoserije, sastav kompozicije te područje djelovanja. Tako, u osnovi razlikujemo: [4]

A) S obzirom na samostalnost pogona:

- Motorni samohodni tramvaj
- Vučena tramvajska prikolica (bez vlastitog pogona)

B) S obzirom na broj osovina pojedinačnog vozila:

- Dvoosovinski tramvaj
- Četveroosovinski tramvaj
- Šesteroosovinski tramvaj
- Osmoosovinski tramvaj

C) S obzirom na konstrukciju karoserije:

- Standardni klasični tramvaj
- Jednozglobni, dvozglobni i višezglobni tramvaj
- Tramvaj na kat (katni tramvaj)

D) S obzirom na sastav kompozicije

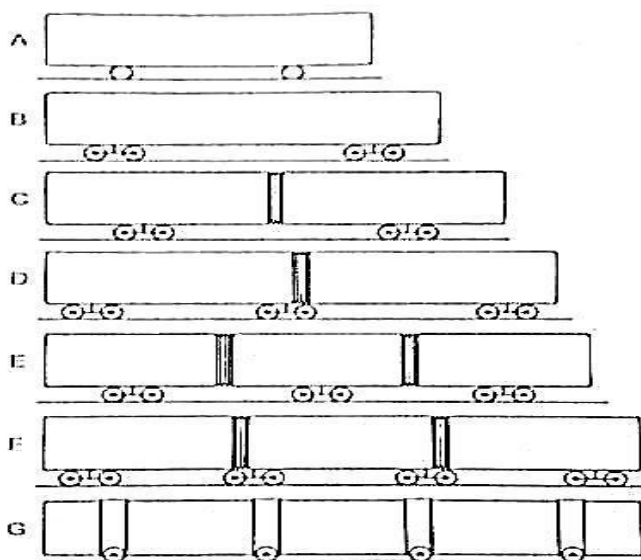
- Samostalni tramvaj
- Udvojeni tramvaj (motorno vozilo i prikolica)
- Multiplicirani tramvaj (kompozicija od dva ili tri motorna vozila)

E) S obzirom na područje djelovanja

- Tramvaj na razini zemlje (površinski)
- Tramvaj djelomično u tunelima (podzemni), odnosno LTT (lakotračnički tramvaj)
- Tramvaj iznad razine zemlje (nadzemni)

Tehničko eksploatacijske značajke tramvaja ovise o njegovoj izvedbi. Prema karoserijskoj izvedbi, duljini, broju putničkih mjesta i broju osovina tramvaji mogu biti izvedeni na sljedeće načine: [2]

- *Dvoosovinski tramvajski motorni vagon* duljine 9 do 11 m i sa 65 do 80 putničkih mjesta (slika 15. oznaka A)
- *Četveroosovinski tramvajski motorni vagon* (dva okretna postolja) s jednodijelnom karoserijom duljine 12 do 14 m i sa 110 do 120 putničkih mjesta (slika 15. oznaka B)
- *Četveroosovinski tramvajski motorni vagon* (dva okretna postolja) s dvodijelnom karoserijom, odnosno zglobnom izvedbom, duljine 16 do 18 m i sa 150 do 165 putničkih mjesta (slika 15. oznaka C)
- *Šesteroosovinski tramvajski motorni vagon* (tri okretna postolja) s dvodijelnom karoserijom, odnosno zglobnom izvedbom, duljine 19 do 23 m i sa 170 do 195 putničkih mjesta (slika 15. oznaka D)
- *Šesteroosovinski tramvajski motorni vagon* (tri okretna postolja) s trodijelnom karoserijom, odnosno sa dvije zglobne izvedbe, duljine 24 do 27 m i s 200 do 245 putničkih mjesta (slika 15. oznaka E)
- *Osmoosovinski tramvajski motorni vagon* (četiri okretna postolja) s trodijelnom karoserijom, odnosno sa dvije zglobne izvedbe, duljine 27 do 35 m i s 250 do 300 putničkih mjesta (slika 17. oznaka F)



Slika 16. Skica mogućih izvedbi tramvaja prema obliku karoserije i broju osovina [16]

Zglobna izvedba tramvaja predstavlja suvremeno rješenje zato što pridonosi povećanju broja putničkih mjesta po jedinici duljine i pri tom čini kompaktnu cjelinu. Prikladniji su za linije na kojima se pojavljuje potražnja većeg broja putnika u jedinici vremena. Izvedbe su moguće kako s jednim zglobom, tako i sa više njih, a duljina samog vozila sa zglobnom izvedbom može biti i do 35 metara.

Putnički prostor u tramvaju po broju, rasporedu i izboru sjedala ovisi o vrsti linije na kojoj tramvaj vozi, eksploatacijskim uvjetima, tarifi, broju i rasporedu vrata, predviđenim smjerovima kretanja putnika itd. Da bi se putnički prostor što bolje iskoristio, a s obzirom na to da su relacije putovanja putnika kratke, tramvaji se izводе s većim brojem stajaćih mjesta. Tako je udio sjedala prema ukupnom broju putničkih mjesta najčešće 20 – 30%. [2]

Širina tramvajskih vozila najčešće je 2100mm ili 2350 do 2650mm, a visina krova, mjereno od gornjeg ruba tračnice, iznosi 3050 do 3365mm. Vrata su najčešće dvokrilna, obično prijeklopna, slobodne širine 1150 do 1300mm, s uređajem za automatsko otvaranje i zatvaranje. Broj vrata ovisi o duljini tramvaja i njegovoj izvedbi, a kreće se od 4 do 6. [2]

Masa tramvaja najčešće se svodi na jedinicu korisne površine putničkog prostora, što omogućuje vrednovanje konstrukcije u smislu zahtijeva za lakom gradnjom i međusobno uspoređivanje različitih izvedbi. Tako je masa tramvajskih vozila u sljedećim rasponima:

$600 - 750 \text{ kg/m}^2$ – za starije konstrukcije

$480 - 550 \text{ kg/m}^2$ - za četveroosovinska vozila

$400 - 470 \text{ kg/m}^2$ – za zglobne i suvremene konstrukcije tramvaja

Neto masa se često svodi na jedno putničko mjesto, pa tako u suvremenih tramvaja ona iznosi oko 110 do 230 kg/putničkom mjestu.

Na motorni tramvajski vagon ugrađuje se dva do osam vučnih motora, što ovisi o izvedbi tramvaja i broju osovina, tako da se ukupno instalirana snaga kreće od 120 do 300, pa čak i do 500kW. Veličina snage je određena zahtjevima za većim brzinama vožnje i ubrzanja. [2]

4. VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA U ZAGREBU

Javni gradski promet u Zagrebu čini mreža tramvajskih i autobusnih linija, prigradski vlakovi te taksi vozila.

Glavninu javnog gradskog prometa u Zagrebu obavlja Zagrebački električni tramvaj (ZET), koje je operator tramvajskog i autobusnog prometa, a brine se i o uspinjači i žičari, koja je trenutno izvan funkcije (očekuje se izgradnja nove).

ZET je podružnica gradskog trgovačkog društva Zagrebački holding d.o.o.

4.1. Tramvajski prijevoz



Slika 17. ZET tramvaj, model TMK 2200, Zagreb, [17]

Prijevoz putnika u Zagrebu je danas nezamisliv bez tramvaja koji više od stoljeća, kroz prošlost pa sve do danas, sigurno voze zagrebačkim ulicama na gotovo 120 kilometara pruge.

Kroz 15 dnevnih linija i četiri noćne godišnje se preveze više od **200** milijuna putnika. [10]

4.2. Autobusni prijevoz

Autobusni promet u Zagrebu je počeo funkcionirati 11. kolovoza 1927. godine na prve dvije linije, pod nazivom "Autobusni promet". 1931. godine ZET je preuzeo gradski autobusni promet od dotadašnjih vlasnika Mihovila i Viktora Barešića, koji su koncesiju za prijevoz dobili godinu dana ranije. [11]



Slika 18. ZET autobus MAN, Zagreb, [18]

141 dnevna i četiri noćne linije prometno povezuju područja Grada Zagreba, Velike Gorice i Zaprešića, a prijevoz putnika organiziran je i u općinama Bistra, Luka, Stupnik i Klinča Sela. [11]

4.3. Uspinjača

Uspinjača ZET-a spaja zagrebački Gornji i Donji grad. Donja stanica nalazi se u Tomičevoj ulici, a gornja stanica nalazi se na Strossmayerovom šetalištu, podno kule Lotrščak. S prugom dugom 66 metara, poznata je i kao najkraća žičana željeznica na svijetu namjenjena javnom prometu. Službeno je puštena u pogon 8. listopada 1890. godine, a s radom je počela 23. travnja 1893. godine.

Isprva je bila na parni pogon koji je 1934. godine zamjenjen električnim. Budući da je do danas u cijelosti zadržala prvobitni vanjski izgled i građevnu konstrukciju, a i većinu tehničkih svojstava koja su joj dali graditelji, zagrebačka je uspinjača zakonski zaštićena kao spomenik kulture. Zagrebačka uspinjača je jedna od turističkih atrakcija u Zagrebu.[12]



Slika 19. Uspinjača, Zagreb, Hrvatska, [19]

4.4. Taksi

Prvi autotaksi u Zagrebu pojavio se na Trgu Bana Jelačića 11. lipnja 1901. godine zaslugom fijakerista Tadije Bartolovića.

Bartolovićev automobil imao je motor od 6 KS, težak je bio 950 kilograma, a stajao je 4600 kruna. Kod pokusne vožnje, osim članova povjerenstva, sudjelovao je i gradski načelnik A. Mosinski. Auto je morao voziti i u Gornji grad, da se vidi može li se uspeti na brijeg. Pošto je pokusna vožnja uspjela, otvorio je Bartolović stajalište prvog autofijakera na Trgu Bana Jelačića. Cijena vožnje je bila ista kao kod fijakera. [13]

Naravno, građani su odmah nagnuli na taj prvi auto taksi, kako bi se iz znatiželje provezli gradom u tom novom čudu tehnike. Udruženje auto taksi prijevoznika grada Zagreba osnovano je 1924. godine. Pozivni centar se otvara 1977. godine i počinje s radom sa 160 vozila uključenih u radio mrežu. Nakon više od trideset godina rada pozivnog centra, 2005. otvoren je novi, potpuno kompjuteriziran i jedan od najmodernijih radio-taksi centara u Europi, u koji je danas uključeno svih 1030 vozila. Novi centar omogućio je iznimnu brzinu prihvaćanja poziva i njihovo preusmjeravanje do najbližeg taksi vozila. [13]

Potkraj listopada 2010. godine Gradska skupština Grada Zagreba, uz veliko negodovanje i bez obzira na prosvjede taksista okupljenih u Udruženje Radio taksi Zagreb, donijela je odluku kojom se omogućava liberalizacija autotaksi prijevoza. Ta odluka omogućila je dolazak novih koncesionara. (Eko taxi, Cameo taxi...)

Tako je 22. travnja 2011. godine započelo prometovati Taxi Cammeo Zagreb, s preko 70 novih taksi vozila. Također u gradu taksi prijevoz obavlja i Eko taxi. Dne 22. listopada 2015. godine u Zagrebu se pojavio Uber koji je službeno uspostavio servis uberX koji koristi ovlaštene taksi vozače dok je servis u stvari započeo u rujnu 2015. godine.



Slika 20. Taksi vozila, Zagreb, Hrvatska, [20]

4.4. Gradsko-prigradska željeznica

Gradsko-prigradskim željezničkim prijevozom koristi se radnim danom u prosjeku oko 70.000 putnika.

Glavna željeznička linija prometuje na relaciji Savski Marof - Zagreb Glavni kolodvor - Dugo Selo. Hrvatske željeznice uvele su ovu liniju 1992. godine, a uvođenje željeznice u sustav javnog gradskog i prigradskog prometa Zagreba rezultiralo je njezinom potpunom afirmacijom koja se ogleda u konstantnom povećanju broja vlakova i prevezenih putnika. [14]

Dionica Savski Marof - Dugo Selo najfrekventnija je željeznička pruga u Hrvatskoj, s najvišom prosječnom putnom brzinom i najvećim brojem prevezenih putnika. Uz ovu liniju, drugi važni prigradski smjerovi su prema Velikoj Gorici te Jastrebarskom.

ZET je u suradnji sa HŽ-om uveo zajedničku mjesečnu i godišnju kartu ("pokaz"), koja vrijedi i u prigradskom željezničkom prometu, kao i na tramvajskim i autobusnim linijama ZET-a.



Slika 21. Model prigradskog vlaka Končar HŽ 6112, Zagreb, Hrvatska, [21]

5. USPOREDNA ANALIZA TRAMVAJSKIH VOZILA U GRADU ZAGREBU

Redovan tramvajski prijevoz na području grada Zagreba je organiziran na 15 linija dnevnog prometa i četiri noćne linije. Ukupna dužina pruga je 116.346 m, a tramvajskih stajališta je 256. Vozni park je raznovrstan i sastavljen je od nekoliko tipova tramvaja različitih proizvođača. Sastoji se od 277 tramvajskih vozila od čega 142 niskopodna tramvaja. Novi niskopodni tramvaj klimatiziran je i opremljen video-nadzorom. Maksimalna brzina je 70 km/h i ima oko 242 putnička mjesta. [2]

- Dnevne linije
- Noćne linije

5.1. Vozni park

Prema planovima razvoja, tramvajski vozni park ZET-a za par godina sastojat će se od samo četiri tipa tramvajskih motornih kola: TMK 2200, TMK 2300, TMK 2100 i osuvremenjeni TMK 301 (odnosno KT4). [2]

TMK 201



Slika 22. Model tramvaja TMK 201, Zagreb, Hrvatska, [22]

Radi se o četveroosovinskim tramvajima koje je proizvodio Đuro Đaković. Tramvaji su proizvedeni tijekom 1973. i 1974. godine. Vrlo su blizu povlačenju iz prometa. Iako stari, još uvijek se nalaze u prometu.[15]

Tatra T4



Slika 23. Model tramvaja Tatra T4, Zagreb, Hrvatska, [23]

Tramvaji ovoga tipa su puštani u promet u razdoblju od 1976. - 1982.

Dana 31. siječnja 1977. godine u promet je pošteno 30 vozila Tatra T4. Takva odluka donijela je proširenje samog voznog parka te je već sljedeće godine došlo do nove regulacije prometa u središnjem dijelu grada. Naime, tada su neki dijelovi zatvoreni za individualni promet, dok se u mnogim ulicama uvode posebne prometne trake za tramvajski promet.

Zadovoljstvo i sigurnost tramvajskih vozila koja su pružala vozila Tatra T4 potaknulo je daljnju suradnju s češkim proizvođačem. Nekoliko godina poslije, točnije 1985.g., vozni park grada Zagreba postaje bogatiji i obilniji zahvaljujući tramvajskom modelu Tatra KT4.

Oni su također vrlo blizu povlačenju iz prometa. Iako stari, još uvijek se nalaze u prometu.[16]

Tatra KT4



Slika 24. Model tramvaja Tatra KT4, Zagreb, Hrvatska, [24]

Tramvaj s dvodjelnom karoserijom. Zglobni tramvaji puštani se u promet u razdoblju od 1985. - 1986. Iako stari, još uvijek se nalaze u prometu. [16]

TMK 2100



Slika 25. Model tramvaja TMK 2100, Zagreb, Hrvatska, [25]

Ukupno je proizvedeno 16 dvozglavnih osamosovinskih tramvaja. Proizvođači su Končar i TŽV Gredelj. Za izradu su korištene prikolice TP-4 i TP 1-Z i motorna kola TMK 201, od kojih su, između ostalog, ugrađeni prenosnici snage i vučni motori. Prototip je pušten u promet 1994. godine (TMK 2101). Ostali tramvaji pušteni su u promet u periodu od 1997. do 2003. godine te su povremeno još uvijek u upotrebi.

Snaga pogona ovog tramvaja iznosi 240 W, a može postići maksimalnu brzinu od 58 km/h. Sveukupna duljina mu iznosi 27,3 m. [16]

NT 2200



Slika 26. Model tramvaja NT 2200, Zagreb, Hrvatska, [26]

Niskopodni tramvaj konzorcija Crotram. Proizvedeno ih je ukupno 70 u periodu od 2005. do 2007. godine. 2007. godine potpisan je ugovor za još 70 tramvaja ovog tipa. Isporuka druge serije pokrenuta je početkom 2008.

Ovaj tramvaj je najmodernije tehničko rješenje, kod kojega je visina od poda 300 mm. Ugodnu vožnju omogućuje klimatiziran putnički prostor, ergonomski sjedala, panoramski pogled.[17]

Tramvaj je zglobne izvedbe, sastavljen od 5 modula, zavarene čelične konstrukcije s tri pogonska postolja. Maksimalnu brzinu od 70 km/h omogućuju trofazni asinkroni motori upravljani putem IGBT-a.[17]

TMK 2200-K (TMK 2300)



Slika 27. Model tramvaja TMK 2200-K, Zagreb, Hrvatska, [27]

Kraća inačica TMK 2200-K, puštena je u promet krajem 2009. To je niskopodni tramvaj voznog parka grada Zagreba. Tramvaj je zglobne izvedbe, sastavljen od tri modula, zavarene čelične konstrukcije s dva pogonska postolja.

Najveću brzinu od 70 km/h postiže dva trofazna asikrona motora snage 85 kW. Dužina vozila iznosi 20 740 mm, širina je 2 300 mm i visine 3 400 mm. U vozilu je dostupno 84 odnosno 95 stajaćih mjesta. [18]

PCP sustav

Moderna tračnička vozila podrazumijevaju postojanje složenih instrumenata i dijagnostičkih funkcija koje zamjenjuju dotadašnje analogne instrumente. Te funkcije se ostvaruju u lokomotivama, vlakovima i tramvajima putem digitalnih panela tj. sučelja čovjek-stroj.

Rješenja su zasnovana na PC arhitekturi. Kako bi bila osigurana fleksibilnost aplikacije i vrlo brza prilagodba zahtjevima različitih kupaca, razvijeno je vlastito razvojno okruženje za izradu aplikacijskih programa. Razvojno okruženje omogućuje jednostavno uključivanje različitih „drivera“ i virtualnih instrumenata. [18]

5.2. Tramvajske linije

Na osnovi istraživanja tijekova i kretanja putnika u gravitacijskom području izgrađene tramvajske pruge, uspostavljena je postojeća organizacija tramvajskih linija, gdje se prioritet davao želji putnika, a tek onda propusnoj moći prometne mreže. Promet je organiziran kroz 15 dnevnih i 4 noćne linije. Dnevne linije organizirane su od 4 do 24 sata, a noćne od 23 do 5 sati. [19]

Najveći dio dnevnih linija dijametralnog je tipa odn., iz svakog rubnog područja grada barem jedna linija vodi kroz Trg bana Josipa Jelačića, Glavni kolodvor i Autobusni kolodvor. [19]

Dnevne tramvajske linije dijametralnog tipa

Broj linije	Trasa linije
1	Zapadni kolodvor – Trg bana Josipa Jelačića – Borongaj
2	Črnomerec – Glavni kolodvor – Autobusni kolodvor – Savišće
4	Savski most – Glavni kolodvor – Dubrava – Dubec
6	Črnomerec–Trg bana Josipa Jelačića–Glavni kolodvor–Autobusni kolodvor– Sopot
9	Ljubljana – Glavni kolodvor – Borongaj
11	Črnomerec – Trg bana Josipa Jelačića – Dubrava – Dubec
12	Ljubljana – Trg bana Josipa Jelačića – Dubrava
13	Kvaternikov trg–Glavni kolodvor–Trg Josipa Jelačića–Ulica grada Vukovara–Žitnjak
14	Zapruđe – Savski most - Trg bana Josipa Jelačića – Mihaljevac
17	Prečko – Jarun - Trg bana Josipa Jelačića - Borongaj

Dio linija je tangencijalnog tipa, tj. povezuje rubna područja grada bez prolaska kroz središte. [19]

Dnevne tramvajske linije tangencijalnog tipa

Broj linije	Trasa linije
3	Ljubljana – Ulica grada Vukovara – Žitnjak – Savišće
5	Jarun–Savski most–Ul. grada Vukovara–Autobusni kol–Kvaternikov trg-Dubrava
7	Savski most–Av. Dubrovnik–Autobusni kolodvor–Kvaternikov trg – Dubrava
8	Zapruđe – Autobusni kolodvor – Mihaljevac

Jedina linija koja povezuje 2 periferne točke na tramvajskoj mreži je linija broj 15 Mihaljevac – Dolje. [19]

Noćni promet je organiziran sa 4 linije, tako da rubne dijelove grada povezuje sa Trgom bana Josipa Jelačića i Glavnim kolodvorom.

Noćne tramvajske linije

Broj

linije

Trasa linije

- | | |
|-----------|--|
| 31 | Črnomerec-Trg J. Jelačića–Gl. kolodvor–Aut. kol.–Av. Dubrovnik – Savski most |
| 32 | Borongaj–Trg žrtava fašizma-Trg bana Josipa Jelačića–Jarun– Prečko |
| 33 | Mihaljevac – Glavni kolodvor – Savska cesta – Ulica grada Vukovara – Savišće |
| 34 | Ljubljana–Trg bana J. Jelačića–Glavni kolodvor–Dubrava – Dubec |

Povremeno tramvajske linije mijenjaju trasu zbog radova na pruzi ili njezinoj rekonstrukciji (obično ljeti). Također su moguće i dnevne privremene i povremene promjene trasa linija, koje se događaju uslijed nekog izvanrednog događaja (npr. prometna nesreća, veći kvar, nestanak električne struje i dr.) i tada tramvaji voze zaobilazno.

Noćne linije tramvajskog prometa često se zamjenjuju autobusima zbog održavanja mreže. Povremeno se u promet uvode izvanredne linije (npr. linija 18, 19 i sl.), iako rijetko i privremeno, obično prilikom rekonstrukcije pruga. Unutar tramvaja linija na kojoj tramvaj prometuje je označena brojkom i nazivom odredišnog stajališta na ploči ili displeju na prednjem, u sredini i stražnjem dijelu tramvaja, te s desne bočne strane tramvaja.

Na jednoj tramvajskoj liniji prometuje više tramvaja, a svaki tramvaj ima svoj vozni red. Vremenski slijed između pojedinih tramvaja na istoj liniji u pravilu iznosi nekoliko minuta, a ovisi o tome da li se radi o dnevnoj ili noćnoj liniji, danu u tjednu (radni dan ili vikend), kao i o dobu dana, te prosječnom broju putnika na liniji. [19]

Zagrebačka tramvajska mreža također posjeduje i 174 skretnice, a na nekim raskrižjima (pogotovo onim većim i prometnijim) postavljeni su posebni semafori za tramvajski promet koji signaliziraju vozaču tramvaja mogućnost prolaza kroz raskrižje. [19]

5.3. Organizacija i kvaliteta usluge tramvajskog podsustava grada Zagreba

Tramvajski podsustav opslužuje područje grada na sjeveru do Dolja, na istoku do Dupca, Borongaja, Savišća, na zapadu do Črnomerca, Ljubljance, Prečkog i južno od Save do Zapruda, Sopota i Savskoga Gaja.

U prometu je radnim danom 170 tramvajskih motornih kola sa 119 prikolica, subotom 122 motorna kola i 70 prikolica, a nedjeljom 108 motornih kola i 59 prikolica.

U dnevnome se prometu radnim danom ostvari 4145 polazaka.

Tramvajski vlakovi u prometu sastavljeni su od klasičnih motornih kola, zglobnih kola, motornih kola s jednom, te najviše dvije prikolice. [19] Kapacitet jednog vozila u prometu iznosi od 120 do 242 putnička mjesta, a jedan vlak koji se sastoji od motornih kola i jedne ili dviju prikolica iznosi od 211 do 350 putničkih mjesta.

Komercijalna brzina tramvaja prema podacima iz 2014. godine iznosi 12.8 km/h. Tramvajska vozila godišnje prijeđu 14.3 milijuna kilometara, te prevezu 186 milijuna putnika godišnje. [19]

6. ZAKLJUČAK

Kao i u drugim sličnim zemljama, broj osobnih vozila danas je u Zagrebu gotovo udvostručen od ranih devedesetih godina 20. stoljeća.

To je izazvalo ozbiljne probleme u povijesnoj gradskoj jezgri koja sadrži glavne upravne, kulturne, poslovne i društvene institucije i zgrade, gdje je mreža ulica u velikoj mjeri definirana u drugoj polovici 19. stoljeća. Kako bi povećali kvalitetu življenja, većina europskih velegradova sve više ulaže u povećanje atraktivnosti javnog gradskog prijevoza.

Istraživanja su pokazala da faktori poput brzine i kvalitete puno više utječu na odluku o korištenju javnog prijevoza od cijene karte. Povećanjem broja putnika u javnom prijevozu smanjio bi se potreba za korištenjem osobnih automobila na zagušenim gradskim prometnicama, a rezultat bi bila povećana prometna protočnost, te napokon rast zadovoljstva uslugama ZET-a, što bi u konačnici vodilo i do povećanja ukupnih prihoda ZET-a.

Kada se govori o mjerama za povećanje potražnje u javnom prijevozu grada Zagreba, danas se realna rješenja za poboljšanje funkcioniranja javnog gradskog putničkog prijevoza nalaze u primjeni raznih mjera vezanih za davanje prioriteta vozilima javnog prijevoza, ograničavanje upotrebe osobnih automobila te primjeni mjera za povećanje atraktivnosti javnog prijevoza.

Ovakve mjere su neizbježne kod reguliranja kretanja vozila javnog prijevoza u današnjim uvjetima. Provedbom mjera koje omogućuju prioritet vozilima javnog prijevoza dolazi do bržeg odvijanja javnog prijevoza, većeg zadovoljstva korisnika, a samim time i povećanjem broja korisnika javnog prijevoza.

Prioriteti, odnosno davanje prioriteta vozilima javnog prijevoza može se obaviti na više načina. To mogu biti *fizički prioriteti*, koji predstavljaju mjere koje se odnose na različite oblike rezerviranja određenih površina na kolniku namijenjenih vozilima javnog gradskog prometa, kao što su posebno obilježene trake, kolnici koji daju prvenstvo i kolnici namijenjeni isključivo za vozila javnog prijevoza, posebni prilazi namijenjeni samo javnim vozilima i slično.

Zatim, *operacionalni prioriteti*, kojima se postiže dodavanje semaforских jedinica u izdvojene vozne trake koje koriste vozila javnog gradskog prijevoza, te instaliranje sličnih prioriteta.

U *zakonodavne prioritete* mogu se ubrajati prioriteti poput obveze poštivanja prvenstva prolaza vozila javnog prijevoza sa stajališta i ugibališta, zabrane zaustavljanja i parkiranja na obilježenim stajalištima i ugibalištima namijenjenim za javni prijevoz putnika i u blizini njih, obaveza poštivanja prvenstva prolaza tračnog vozila javnog prijevoza prilikom prolaska kroz raskrižje.

Ove mjere bi smanjile zaustavljanje tramvajskog prometa zbog nepropisno parkiranih ili zaustavljenih vozila, što i predstavlja velike problem ZET-a.

Iz svega navedenoga jasno je vidljivo da svako neracionalno postupanje s tramvajskim prijevozom u gradu Zagrebu uvijek ponajviše rezultira umanjenom kvalitetoj života korisnika ZET-a što posredno dovodi i do velikih prometnih zagušenja.

Kako bi se ti problemi izbjegli, potrebno je obnovljeni tramvajski vozni park održavati na visokom nivou tehničke ispravanosti, i u skladu s financijskim mogućnostima i planovima razvoja grada Zagreba, konstantno raditi na daljnjem proširenju nove tramvajske mreže kako i na redovitom održavanju postojeće.

7. LITERATURA

- [1] Štefančić, G.: Tehnologija gradskog prometa I, Zagreb, 2008.
- [2] Zavada, J.: Vozila za javni gradski prijevoz, Zagreb, 2006.
- [3] URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Water_taxi
- [4] URL:<https://en.wikipedia.org/wiki/Trolleybus>
- [5] URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Rapid_transit
- [6] URL:<https://punkufer.dnevnik.hr/clanak/najzeleniji-grad-u-njemackoj-ima-i-naopaku-zeljeznicu---507300.html>
- [7] URL:<https://en.wikipedia.org/wiki/Taxicab>
- [8] URL:<http://mrav.ffzg.hr/zanimanja/book/part2/node3404.htm>
- [9] URL:<https://www.railway-technology.com/projects/personal-rapid-transit/>
- [10] URL:http://www.zet.hr/usluge/7#kategorija_11
- [11] URL:http://www.zet.hr/usluge/7#kategorija_12
- [12] URL:http://www.zet.hr/usluge/7#kategorija_14
- [13] URL:<https://automobili.net.hr/novosti/recenzija/koja-je-najbolja-taxi-sluzba-u-zagrebu>
- [14] <http://www.zgportal.com/servisne-informacije/javni-prijevoz/gradska-prigradska-zeljeznica/>
- [15] Predavanja iz kolegija Održavanje vozila za javni gradski prijevoz, 2013.
- [16] ZET - Zagrebački električni tramvaj, 2008.
- [17] URL:http://www.zet.hr/usluge/7#kategorija_14
- [18] URL:<http://www.koncar.hr/podrucja-djelovanja/transport/oprema-za-zeljeznicku-infrastrukturu/>
- [19] ZET d.o.o. : ZET u razdoblju 2012. – 2015.; Zagreb, 2015.

POPIS SLIKA

- [1] URL: <https://hiveminer.com/Tags/dpp,tramvaj> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [2] URL: https://www.123rf.com/photo_22579409_stockholm-sweden-august-2-2013-a-red-biogas-powered-bus-man-a26-2009-model-run-by-the-keolis-sweden (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [3] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Tokyo_Cruise_Ship (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [4] URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Venice_Vaporetto.jpg (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [5] URL: <https://hiveminer.com/Tags/bratislava%2Csor/Timeline> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [6] URL: https://www.londontoolkit.com/travel/lhr_underground.htm (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [7] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Rapid_transit#/media/File:AlstomMetropolis98B,Wilanowska,2014-10-25.jpg (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [8] URL: <https://www.alamy.com/stock-photo-wuppertal-suspension-railway-in-district-vohwinkel-germany-north-rhine-97239350.html> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [9] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Ueno_Zoo_Monorail#/media/File:UenoZooMonorail1280.jpg (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [10] URL: https://www.salzburg.info/en/travel-info/arrival-traffic/cable_railway (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [11] URL: <https://www.vecernji.hr/zagreb/trnovit-put-uspinjace-do-jednog-od-gradskih-simbola-1070743> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [12] URL: <http://www.govexec.com/state-local/2014/12/nyc-taxi-hailing-app-kallos/100749/> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [13] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Morgantown_Personal_Rapid_Transit (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [14] URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/ULTra_\(rapid_transit\)](https://en.wikipedia.org/wiki/ULTra_(rapid_transit)) (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [15] URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Masdar_PRT_\(1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Masdar_PRT_(1).jpg) (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [16] Skica mogućih izvedbi tramvaja prema obliku karoserije i broju osovina
- [17] URL: <http://www.bahnbilder.de/bild/kroatien~strassenbahn~zagreb/1047387/kroatien--strassenbahn-zagreb--tramvaj.html> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [18] URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bus_ZET_MAN.jpg (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [19] URL: https://www.flickr.com/photos/maximuss_ri/9577049454 (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [20] URL: <http://radiotaxizagreb.com/hr/radio-taxi-zagreb/> (pristupljeno: ožujak 2018.)

- [21] URL: https://sh.wikipedia.org/wiki/H%C5%BD_serija_6112 (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [22] URL: <https://www.prometna-zona.com/povijest-zet-a/> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [23] URL: <https://www.prometna-zona.com/povijest-zet-a/> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [24] URL: <https://www.prometna-zona.com/povijest-zet-a/> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [25] URL: <https://www.prometna-zona.com/povijest-zet-a/> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [26] URL: <https://www.prometna-zona.com/povijest-zet-a/> (pristupljeno: ožujak 2018.)
- [27] URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/TMK_230 (pristupljeno: ožujak 2018)

